

1/1 PLUSPAT - (C) QUESTEL-ORBIT- image

PN - JP5249508 A 19930928 [JP05249508]

PA - (A) NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE

PA0 - (A) NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

IN - (A) KONO KENJI; YOSHIMOTO NAOTO; KAMITOKU MASAKI; HASUMI
YUJI;

TAKEUCHI HIROAKI; WATANABE NAOYA

AP - JP5076292 19920309 [***1992JP-0050762***]

PR - JP5076292 19920309 [1992JP-0050762]

STG - (A) Doc. Laid open to publ. Inspec.

AB - PURPOSE: To provide the waveguide type optical switch which has good operability and is excellent in terms of insertion loss and the process for production thereof.

- CONSTITUTION: A buffer layer 14 and a second core 5 are disposed on a substrate 9 and first cores 8, 13 covering this second core 5 are disposed on the second core 5. The width of the second core 5 is set smaller than the width of the first cores 8, 13. A mesa-shaped conductive medium layer 3 corresponding to an electrode 1 for the optical switch and an embedding layer 14 around this layer are disposed as clad. An SiO(sub 2) film 16 and the electrodes 1 are disposed via a cap layer 2 on the conductive medium layer 3. An electrode 10 is provided on the rear surface of the substrate 9. Since the second core 5 can be patterned before the first cores 8, 13 are grown, the common formation of the second core 5 with the light input/output parts and the optical switch part is possible. The coupling loss in a butt joint part is thereby lowered and the crosstalk is suppressed.

- COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-249508

(43)公開日 平成5年(1993)9月28日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 2 F 1/313

識別記号

庁内整理番号

7246-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数10(全 9 頁)

(21)出願番号 特願平4-50762

(22)出願日 平成4年(1992)3月9日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者 河野 健治

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 吉本 直人

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 神徳 正樹

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 谷 義一 (外1名)

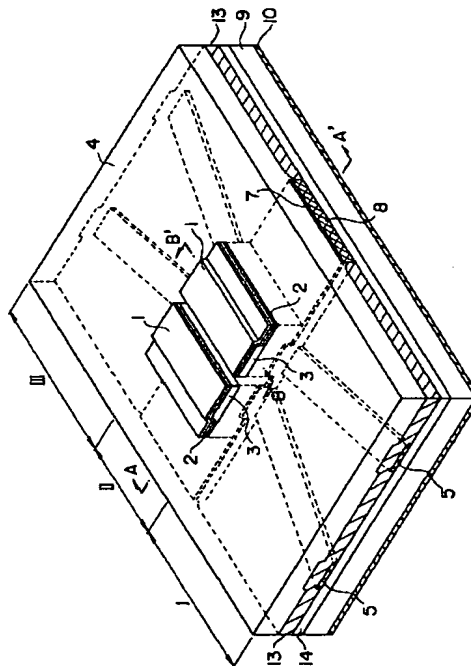
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 導波路形光スイッチおよびその製造方法

(57)【要約】

【目的】 製作性がよく挿入損失の点で優れた導波路形光スイッチおよびその製造方法を提供する。

【構成】 基板9上にバッファ層14、第2コア5を配置し、第2コア5の上に第2コア5を覆って第1コア8、13を配置し、第2コア5の幅を第1コア8、13の幅より狭くする。光スイッチ用電極1に対応したメサ状の導電媒質層3とそのまわりの埋込み層14をクラッドとして配置し、導電媒質層3の上にキャップ層2を介してSiO₂膜16と電極1を配置する。基板9の下面に電極10を設ける。第1コア8、13を成長させる前に第2コア5をパターニングできるので、第2コア5を光入出力部と光スイッチ部とで共通に形成でき、以てバットジョイント部における結合損失を低下させ、クロストークを抑圧できる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板と、該基板上に配置された少なくともクラッド層およびコア層を有する少なくとも 2 本の光導波路と、該少なくとも 2 本の光導波路が互いに光結合可能なように制御する光スイッチ用電極とを有する導波路形光スイッチにおいて、前記コア層を、幅が互いに異なった少なくとも 2 つのコア層で構成するとともに、前記少なくとも 2 つのコア層のうち、第 2 のコア層の幅を第 1 のコア層の幅よりも狭くするとともに、前記第 2 のコア層を前記第 1 のコア層の下側に配置して前記第 1 および第 2 のコア層の幅方向に屈折率差を生じさせる構造としたことを特徴とする導波路形光スイッチ。

【請求項 2】 請求項 1 記載の導波路形光スイッチにおいて、前記少なくとも第 1 のコア層を量子井戸もしくは多重量子井戸など電気光学効果を有する材料で構成したことを特徴とする導波路形光スイッチ。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 に記載の導波路形光スイッチにおいて、前記光スイッチ用電極に対応して前記クラッド層の少なくとも一部分に導電媒質層を配設し、前記光スイッチ用電極を介して少なくとも前記第 1 のコア層に電界を印加して、前記第 1 のコア層の屈折率を変化させることにより光スイッチングを行うように構成したことを特徴とする導波路形光スイッチ。

【請求項 4】 請求項 1 または 2 に記載の導波路形光スイッチにおいて、前記少なくとも第 1 のコア層に電流を注入して、少なくとも前記第 1 のコア層の屈折率を変化させることにより光スイッチングを行うように構成したことを特徴とする導波路形光スイッチ。

【請求項 5】 請求項 3 に記載の導波路形光スイッチにおいて、前記導電媒質層の幅を前記第 2 のコア層の幅よりも広くして、印加電界と導波光との横方向における相互作用の効率を高めるようにしたことを特徴とする導波路形光スイッチ。

【請求項 6】 請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の導波路形光スイッチにおいて、光スイッチングを行う部分以外のコア層のバンドギャップを光スイッチングを行う部分のコア層のバンドギャップよりも広くしたことを特徴とする導波路形光スイッチ。

【請求項 7】 請求項 6 に記載の導波路形光スイッチにおいて、光スイッチングを行う部分の前記第 2 のコア層と光スイッチングを行う部分以外の前記第 2 のコア層を共通に配設したことを特徴とする導波路形光スイッチ。

【請求項 8】 請求項 1 ないし請求項 6 のいずれかに記載の導波路形光スイッチにおいて、前記 2 本の光導波路の各々の曲がり部において、少なくとも前記第 2 のコア層の幅を広くしたことを特徴とする導波路形光スイッチ。

【請求項 9】 請求項 1 ないし請求項 6 のいずれかに記載の導波路形光スイッチにおいて、前記 2 本の光導波路の各々の曲率が変化する箇所前記第 2 のコア層を横方

向にオフセットさせたことを特徴とする導波路形光スイッチ。

【請求項 10】 請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の導波路形光スイッチを製造するにあたって、

- 05 前記第 2 のコア層をエッチングにより形成し、
前記第 2 のコア層の上に、当該第 2 のコア層を覆うようにして第 1 のコア層を堆積し、
前記第 1 のコア層の上に、前記光スイッチ用電極の位置に対応して、前記クラッド層の一部分に導電媒質層を領域選択成長により成長させることを特徴とする導波路形光スイッチの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

- 【産業上の利用分野】本発明は、小形にして、駆動電圧
15 が低く、製作性がよい低損失な導波路形光スイッチおよびその製造方法に関するものである。

【0002】

- 【従来の技術】導波路形光スイッチの一例として本発明者が先に提案した方向性結合器形光スイッチ（河野他：
20 特願平 3 - 3 2 2 1 6 2 号）の斜視図を図 10 に示し、その A - A' 線および B - B' 線における断面図を各々図 11 および図 12 に示す。

- 【0003】まず、図 10 と図 11 について説明する。
ここで、1 は p 側電極、2 は p⁺ - InGaAs キャップ層、3 は p - InP クラッド層、4 は半絶縁性 InP 埋め込み層である。5 はバンドギャップ波長 1.3 μm の InGaAsP 層であり、第 2 コア層を構成する。6 は InP エッチストップ層、7 は InGaAsP エッチストップ層、8 は InGaAs / InAlAs ノンドープ多重量子井戸（i - MQW）層であり、第 1 コア層を構成する（ここでは、光スイッチング動作波長を 1.55 μm、MQW 層のエキシトンピーク波長を 1.44 μm とする）。9 は n⁺ - InP 層、10 は n 側電極である。また、図 10 の斜視図において、I は入力光導波路、II は光スイッチ部、III は出力光導波路である。
35

【0004】ここに示した先願例の動作原理について説明する。

- 【0005】導波光の厚み方向の MQW 層 8 への閉じ込め効率を大きくするために、MQW 層 8 は通常 0.4 μm 程度と厚くしている。導波光の横方向における閉じ込めは、第 2 コア層 5 を設けて横方向の屈折率差を生じさせることにより行っている。p 側電極 1 と n 側電極 10 に印加された電界は p - InP 層 3 と n - InP 層 9 を介して MQW 層 8 に作用する。その結果、MQW 層 8 の屈折率が変化し、方向性結合器形光導波路において光スイッチング動作を生じさせることができる。

- 【0006】図 12 は図 10 の B - B' 線における断面図である。一般に、MQW 層 8 は 1.55 μm の動作波長においても導波光の伝搬損失が大きいため、光ス

チングを行う部分以外の入出力光導波路部（図 10 中の I, I I I）のコア層にはバンドギャップ波長が MQW 層 8 のエキシトンピーク波長よりも短い材料のものをを用いることが望ましい。そこで、図 12 では入力光導波路 I と出力光導波路 I I I の第 1 コア層 1 3 と第 2 コア層 1 1 として、バンドギャップ波長が $1.3 \mu\text{m}$ と MQW 層 8 のエキシトンピーク波長 ($1.44 \mu\text{m}$) よりも短い InGaAsP を用い、これらを光スイッチ部 I I に直接結合（バットジョイント）している。なお、12 は入力光導波路 I と出力光導波路 I I I において第 2 コア層 1 1 をウェットエッチング技術で製作するために必要なエッチストップ層である。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】さて、一般に、入力光導波路 I および出力光導波路 I I I と光スイッチ部 I I との接合のためには、再成長によるバットジョイント技術を用いるが、入出力光導波路 I, I I I と光スイッチ部 I I とのバットジョイント部には、図 12 に示すように、InGaAsP 第 1 コア層 1 3 にへこみが生じやすい。従って、エッチストップ層 1 2 を介して成長した InGaAsP 第 2 コア層 1 1 にもへこみや膜厚のばらつきなどの段差が生じやすいことになる。その結果、バットジョイント部における InGaAsP 第 2 コア層 1 1 のパターン精度が悪くなる。さらに、光入出力部 I, I I I の InGaAsP 第 2 コア層 1 1 は光スイッチ部の第 2 コア層 5 とは別の機会にパターニングするため、第 2 コア層 1 1 と 5 の中心が横方向においてばらつく場合がある。従来例において生じるこれらの第 2 コア層のパターン精度劣化は入出力光導波路 I, I I I と光スイッチ部 I I とのバットジョイント部における導波光の結合損失増加あるいは光スイッチのクロストーク特性劣化などを生じることになる。

【0008】そこで、本発明の目的は、これらの問題を解決し、製作性がよく挿入損失の点で優れた導波路形光スイッチおよびその製造方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために、請求項 1 の発明は、基板と、該基板上に配置された少なくともクラッド層およびコア層を有する少なくとも 2 本の光導波路と、該少なくとも 2 本の光導波路が互いに光結合可能なように制御する光スイッチ用電極とを有する導波路形光スイッチにおいて、前記コア層を、幅が互いに異なった少なくとも 2 つのコア層で構成するとともに、前記少なくとも 2 つのコア層のうち、第 2 のコア層の幅を第 1 のコア層の幅よりも狭くするとともに、前記第 2 のコア層を前記第 1 のコア層の下側に配置して前記第 1 および第 2 のコア層の幅方向に屈折率差を生じさせる構造としたことを特徴とする。

【0010】請求項 2 の発明は、請求項 1 記載の導波路形光スイッチにおいて、前記少なくとも第 1 のコア層を

量子井戸もしくは多重量子井戸など電気光学効果を有する材料で構成したことを特徴とする。

【0011】請求項 3 の発明は、請求項 1 または 2 に記載の導波路形光スイッチにおいて、前記光スイッチ用電極に対応して前記クラッド層の少なくとも一部分に導電媒質層を配設し、前記光スイッチ用電極を介して少なくとも前記第 1 のコア層に電界を印加して、前記第 1 のコア層の屈折率を変化させることにより光スイッチングを行うように構成したことを特徴とする。

10 【0012】請求項 4 の発明は、請求項 1 または 2 に記載の導波路形光スイッチにおいて、前記少なくとも第 1 のコア層に電流を注入して、少なくとも前記第 1 のコア層の屈折率を変化させることにより光スイッチングを行うように構成したことを特徴とする。

15 【0013】請求項 5 の発明は、請求項 3 に記載の導波路形光スイッチにおいて、前記導電媒質層の幅を前記第 2 のコア層の幅よりも広くして、印加電界と導波光との横方向における相互作用の効率を高めるようにしたことを特徴とする。

20 【0014】請求項 6 の発明は、請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の導波路形光スイッチにおいて、光スイッチングを行う部分以外のコア層のバンドギャップを光スイッチングを行う部分のコア層のバンドギャップよりも広くしたことを特徴とする。

25 【0015】請求項 7 の発明は、請求項 6 に記載の導波路形光スイッチにおいて、光スイッチングを行う部分の前記第 2 のコア層と光スイッチングを行う部分以外の前記第 2 のコア層を共通に配設したことを特徴とする。

30 【0016】請求項 8 の発明は、請求項 1 ないし請求項 6 のいずれかに記載の導波路形光スイッチにおいて、前記 2 本の光導波路の各々の曲がり部において、少なくとも前記第 2 のコア層の幅を広くしたことを特徴とする。

35 【0017】請求項 9 の発明は、請求項 1 ないし請求項 6 のいずれかに記載の導波路形光スイッチにおいて、前記 2 本の光導波路の各々の曲率が変化する箇所前記第 2 のコア層を横方向にオフセットさせたことを特徴とする。

40 【0018】請求項 10 の発明は、請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の導波路形光スイッチを製造するにあたって、前記第 2 のコア層をエッチングにより形成し、前記第 2 のコア層の上に、当該第 2 のコア層を覆うようにして第 1 のコア層を堆積し、前記第 1 のコア層の上に、前記光スイッチ用電極の位置に対応して、前記クラッド層の一部分に導電媒質層を領域選択成長により成長させることを特徴とする。

【0019】

45 【作用】本発明によれば、横方向の光閉じ込めを行う第 2 コア層を第 1 コア層の下に配置したので、入出力光導波路と光スイッチ部の第 2 コア層を第 1 コア層を成長する前にパターニングすることにより第 2 コア層を光入出

力部と光スイッチ部とにおいて共通に形成でき、従って、バットジョイント部における結合損失増加あるいは光スイッチのクロストーク劣化を抑圧することが可能となる。

【0020】

【実施例】以下に図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。

【0021】ここで、光導波路が方向性結合器を構成する場合を例にとって本発明の導波路形光スイッチの製造、主として手順を述べ、その説明の中で本発明の構造について述べる。

【0022】（実施例1）

■図1のように、 n^+ -InP基板9の上に n -InPバッファ層14、第2コアを形成するためのInGaAsP（バンドギャップ波長 $1.3\mu\text{m}$ ）層5を堆積した後、フォトリソ15をパターンニングして、ウェットエッチングもしくはドライエッチングにより図2に示すような第2コア5を形成する。ウェットエッチングの場合には、 n -InP層14がエッチストップ層の役割をする。第2コア5は方向性結合器の光結合部において所定の間隔をおいている。また、このパターンニング段階において、第2コア5は図5に示した斜視図における光入出力部I、光結合部II、光出力部IIIにわたり共通に一括形成される。

【0023】■図2のように、 n -InPバッファ層14および第2コア5の上に、第2コア5を覆うように、第1コアとしてのノンドープInGaAs/InAlAs MQW層8を堆積する。なお、この時、バッファ層14と第2コア5の上に、ノンドープInPをバッファ層として薄く堆積した後、MQW層8を堆積してもよい。さらに、InGaAsPエッチストップ層7、導電媒質層としての p -InP層3、 p^+ -InGaAsキャップ層2を堆積した後、 SiO_2 16を堆積し、フォトリソ17を塗布した後、図2に示すように、層16、17をエッチングによって光スイッチ用電極のパターンに応じてパターンニングする。なお、以降における加工によるInGaAsPエッチストップ層7の膜厚の変化の影響を抑えるために、MQW層8とInGaAsPエッチストップ層7との間にInP層を堆積しておいてもよい。

【0024】■このようにして得られたフォトリソマスク16をマスクにして、図3に示すように、光スイッチ用電極のパターンに応じて、 p -InP3およびキャップ層2をドライエッチングおよびウェットエッチングしてメサを形成する。この時、InGaAsP層7がエッチストップ層となる。

【0025】■フォトリソ17を除去し、図4に示すように、その後は SiO_2 マスク16をマスクにして、先の工程■のエッチングで形成されたメサ形状 p -InP層3のまわりを Fe ドープInPなど半絶縁性媒

質あるいはノンドープInPなどの埋め込み層4で埋め込む。なお、図5においては、MQW層8を光スイッチ部のみに残し、その他の部分は除去して、MQW層8の両側にバンドギャップ波長が $1.3\mu\text{m}$ の i -InGaAsP層13をバットジョイントする。

【0026】■ SiO_2 マスクを除去するとともに、図5に示すように、 n -InP基板9側に n 電極10を配置し、 p^+ -InGaAsキャップ層2側に p 電極1を配設することによって、本発明の導波路形光スイッチができあがる。なお、図1から図4は図5のA-A'線における断面図である。

【0027】さて、図6は、図5のB-B'線における断面図を示す。これまでの説明および図6からわかるように、第2コア5は図5の斜視図における光入力部I、光スイッチ部II、光出力部IIIを通して共通に精度よく一括パターンニングされており、光入出力部I、IIと光スイッチ部IIとのバットジョイント部における結合損失増加、クロストーク劣化を抑圧できる。

【0028】（実施例2）図7および図8は本発明の第2の実施例を示し、図7は斜視図、図8はそのA-A'線での断面図である。本実施例では導電媒質からなる伝搬損失が大きな p 側クラッド p -InP層3を薄くしており、導波光の伝搬損失を低く抑えることができるという利点がある。

【0029】（実施例3）さらに、実施例1における製作手順■において、MQW層8を堆積した後、図9に示すように、MQW層8の上に SiO_2 あるいは SiN などのマスク18を形成してから領域選択成長により導電媒質層としての p -InP層3および p^+ -InGaAsキャップ層2を成長させてメサを形成し、そのメサの表面に SiO_2 マスク16を被着し、その後、図4に示したように、半絶縁もしくはノンドープInP4でメサのまわりを埋め込んでもよい。これにより、製作工程が簡単化され、製作性が良くなる。

【0030】なお、本発明の構造においては、電極1または p^+ -InGaAsキャップ層2の幅を第2コア5の幅よりも広くしている。電界印加にともなう屈折率変化は第1コア8で生じるため、導波光が閉じ込まっている領域よりも広い領域で屈折率が変化する。従って、光変調の効率がよく低駆動電圧光スイッチを実現できることがわかる。

【0031】なお、第2コア5としては、種々のバンドギャップ波長のInGaAsPが適用可能であるが、第1コア8と同じMQW層をノンドープで製作しておけば、第2コア5においても導波光の位相を変えることができ、より効率のよい光スイッチングを実現できる。さらにまた、ウェル厚とバリア厚の薄い、すなわち超格子はバンドギャップ波長と屈折率を独立に設定できるので、これを第2コア5に用いることもできる。

【0032】以上の実施例では、 i -MQW層8のウェ

ル／バリアとして InGaAs／InAlAs を用いたが、InGaAlAs／InAlAs や InGaAs／InGaAsP 等その他の材料でもよい。

【0033】さらに、第1コア8としては、MQW層以外に、例えばバルク材料を用い、ポッケルス効果などの電気光学効果を用いてもよいし、あるいはまた、電流を注入して少なくとも第1コア8の屈折率を変化させるようにしてもよいことは言うまでもない。

【0034】また、上述した実施例では、基板9として n^+ -InP 基板を用いた場合について説明したが、 p -InP 基板や半絶縁性基板を用いた場合にも本発明を適用できることはもちろんである。

【0035】なお、光導波路の曲がり部においては、第2コア5の幅を広くすることにより光の閉じ込めを強くし、あるいは第2コア5を互いにオフセットさせるなどにより、曲げ損失を低減できることは言うまでもない。

【0036】あるいはまた、入出力光導波路の第1コア13をエッチングにより薄くするとともに入出力光導波路の第2コア5をテーパ状にするなどにより導波光のスポットサイズを変換することができる。

【0037】なお、本発明は半導体材料のみならずガラス導波路などの誘電体材料を用いた場合にも適用可能である。

【0038】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、クラッド層と比較して屈折率の高い複数のコアをその幅を互いに異ならしめ、第1コア層と比較して幅が狭い第2コア層を第1コア層の下に配置することにより、光入出力部と光スイッチ部における第2コア層を共通に形成でき、以て、光入出力部と光スイッチ部とのバットジョイント部における結合損失増加およびクロストーク劣化を抑圧することができる。

【0039】本発明によれば、導波光の深さ方向における閉じ込め効率の大きな幅の広い第1コア層に電圧を印加しあるいは電流を注入し、さらに本発明によれば、光スイッチ用電極の幅を幅の狭い第2コア層よりも広くすることにより印加電圧と導波光との相互作用効率を横方向においても高め、以て、第2コア層を精度良く形成でき、駆動電圧が低く、挿入損失が低く、クロストーク特性が良好な光スイッチを提供することができる。

【0040】さらにまた、本発明によれば、導電媒質層を含むクラッドを領域選択成長で製作するようにしたので、製作性の良好な光スイッチの製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例を説明するための断面図である。

【図2】本発明の第1の実施例を説明するための断面図である。

【図3】本発明の第1の実施例を説明するための断面図である。

【図4】本発明の第1の実施例を説明するための断面図である。

【図5】本発明の第1の実施例を説明するための斜視図である。

【図6】本発明の第1の実施例を説明するための断面図である。

【図7】本発明の第2の実施例を説明するための断面図である。

【図8】本発明の第2の実施例を説明するための斜視図である。

【図9】本発明の第3の実施例を説明するための断面図である。

【図10】従来の実施例を説明するための斜視図である。

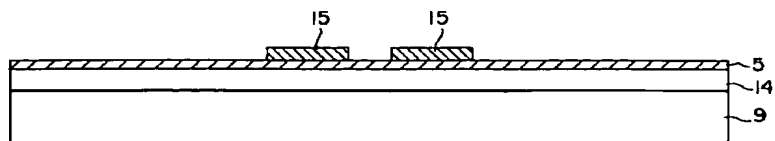
【図11】従来の実施例を説明するための断面図である。

【図12】従来の実施例を説明するための断面図である。

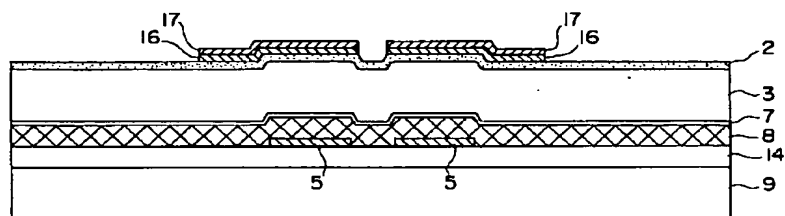
【符号の説明】

- 1 p側電極
- 2 p^+ -InGaAs キャップ層
- 3 p -InP クラッド層
- 4 InP 埋め込み層
- 5 第2コア
- 6 InP エッチストップ層
- 7 InGaAsP エッチストップ層
- 8 MQW層
- 9 n^+ -InP 基板
- 10 n側電極
- 11 従来例での第2コア
- 12 従来例でのInP エッチストップ層
- 13 バットジョイント光導波路における第1コア
- 14 n -InP バッファ層
- 15 フォトレジスト
- 16 SiO_2 マスク
- 17 フォトレジスト
- 18 領域選択成長用マスク

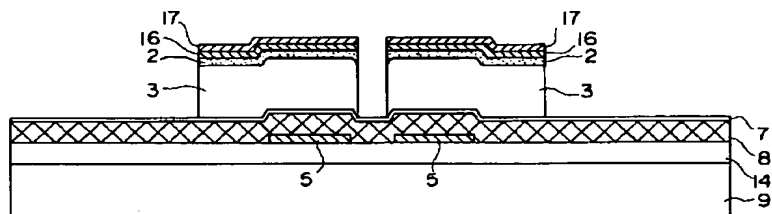
【図 1】



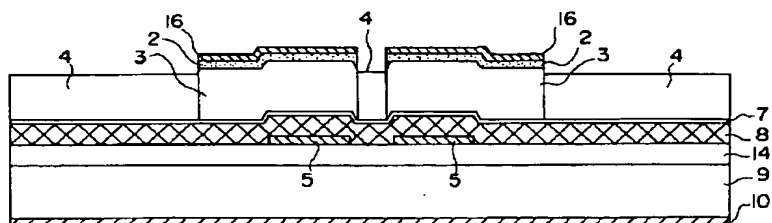
【図 2】



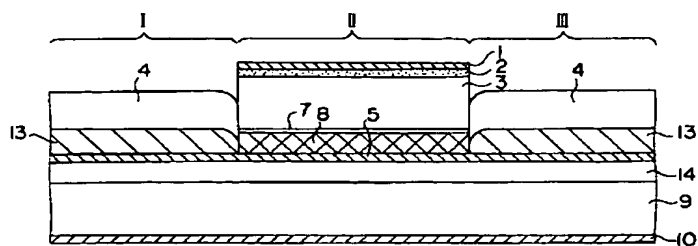
【図 3】



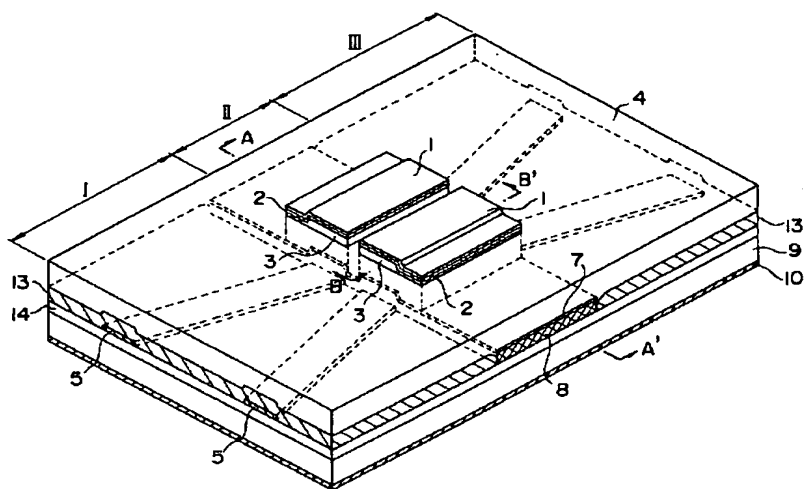
【図 4】



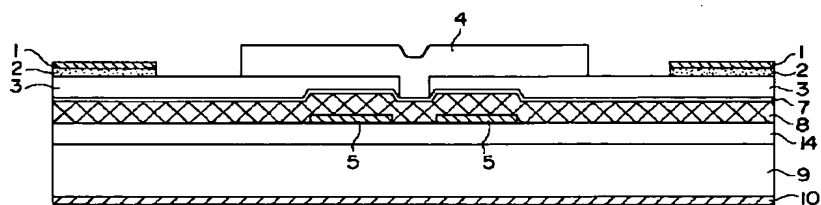
【図 6】



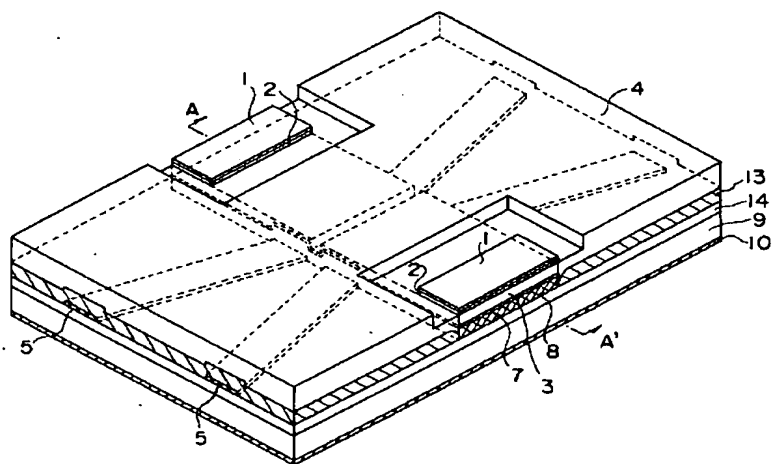
【図 5】



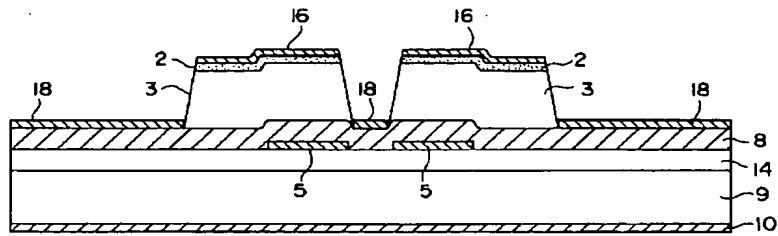
【図 7】



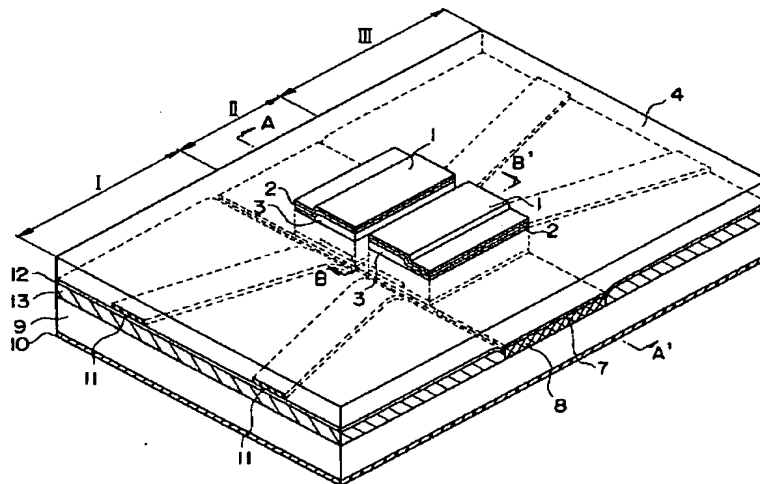
【図 8】



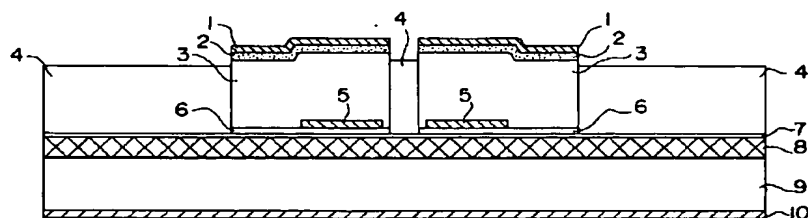
【図 9】



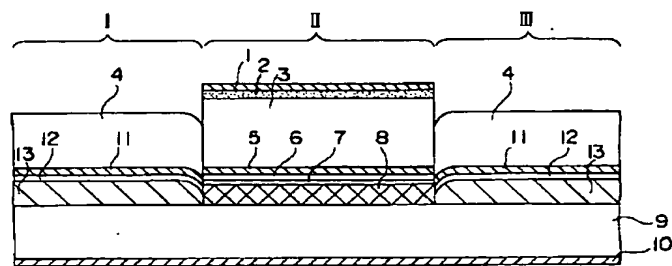
【図 10】



【図 11】



【図 1 2】



フロントページの続き

(72)発明者 蓮見 裕二
東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 6 号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 竹内 博昭
東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 6 号 日
本電信電話株式会社内

20 (72)発明者 渡辺 直也
東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 6 号 日
本電信電話株式会社内